

TOPOGRAPHISCHE GRÖSSENANALYSE
VON NERVENZELLEN
AUS DER PRIMÄREN SEHRINDE
DER KATZE

Johann-Heinrich Bosse

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Max-Planck-Institut für Psychiatrie,
Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie, München
Direktor: Prof. Dr. D. Ploog

TOPOGRAPHISCHE GRÖSSENANALYSE VON NERVENZELLEN
AUS DER PRIMÄREN SEHRINDE DER KATZE

Inaugural-Dissertation
Zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Johann-Heinrich Bosse

aus
Vordorf

1975



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. H. Holländer

Mitberichterstatter: Prof. Dr. R. Wetzstein

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 1975

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Material und Methode	3
Ergebnisse	14
A Histologische Beschreibung der Area 17	14
B Quantitative Untersuchung der Area 17	19
C Vergleich der histologischen Schichten mit den Schichten des Cytotopogramms	29
Diskussion	30
Zusammenfassung	36
Literaturverzeichnis	38

Einleitung

Die Aufklärung von Funktion und Struktur der Großhirnrinde ist eines der zentralen Probleme der Neurobiologie. Durch umfangreiche neurophysiologische Untersuchungen der letzten Jahre wurde unser Wissen auf diesem Gebiet wesentlich vertieft und erweitert. Im Mittelpunkt dieser Untersuchungen steht die primäre Sehrinde der Katze, die damit zum funktionell bestuntersuchten Rindenareal überhaupt wurde. So kommt es, daß die Frage nach der Struktur gerade dieses Cortexabschnittes auch die Neuroanatomie zunehmend beschäftigt. Viele Autoren beschrieben die Sehrinde der Katze qualitativ (u.a. Brodmann, '03, '06, '09; Minkowski, '13; Cajal, '22; O'Leary, '41; Otsuka und Hassler, '62).

Betrachtet man Nissl-Präparate von Querschnitten der Area 17 der Katze, erkennt man bis zu 8 Schichten, die parallel zur Oberfläche angeordnet sind. Diesem Schichteneindruck liegt eine sprunghafte Änderung von Faktoren wie Zelldichte, Zellgröße, Zellform und Färbeeigenschaften des Gewebes zu Grunde. Durch histologische Beobachtung läßt sich nicht im einzelnen erkennen, welches Gewicht die verschiedenen Faktoren für die Klarheit des Schichteneindrucks haben.

Bisher gibt es keine genaueren Untersuchungen zur Anordnung der verschiedenen Nervenzellgrößen in einem breiteren

Rindenabschnitt. Das beruht wahrscheinlich darauf, daß die Messung und räumliche Zuordnung größerer Nervenzellzahlen mit herkömmlichen Methoden zu zeitraubend war.

Mit der in der vorliegenden Arbeit verwendeten halbautomatischen Meßapparatur war es erstmals möglich, mit einem vertretbaren Zeitaufwand Ort und Größe vieler Nervenzellen zu bestimmen. Die auf Lochstreifen gespeicherten Meßdaten ließen sich mit Hilfe eines Prozessrechners ordnen und graphisch darstellen. So konnte gezeigt werden, wo sich die unterschiedlichen Zellgrößenklassen in der normalen Area 17 der Katze befinden. Aus den Zellortdarstellungen (Cytotopogrammen) ließ sich unmittelbar erkennen, daß der Schichteneindruck in höherem Maße durch Zellgrößenunterschiede als durch die Zelldichte zustande kommt.

Material und Methode

1) Perfusion, Hirnentnahme und histologische Technik

Das zu untersuchende Hirnmaterial wurde 6 Katzen entnommen. Alle Tiere waren erwachsen und hatten ungefähr das gleiche Gewicht. Drei Tiere waren männlich und drei weiblich (Tab. 1).

Tabelle 1

Tier Nr.	Geschlecht	Körpergewicht (g)	Hirngewicht (g)
300	♂	3000	9,32
301	♂	2750	9,27
302	♂	2900	8,11
303	♀	2850	8,79
304	♀	3050	9,51
305	♀	2750	8,54

In tiefer Nembutal-Narkose (25 mg/kg Körpergewicht i.p.) wurde das Herz freipräpariert. Dann wurde der rechte Vorhof und der linke Ventrikel eröffnet und eine mit dem Perfusionsgerät verbundene Glaskanüle in die Aorta ascendens eingeführt. Die Perfusion erfolgte mit einer 4 %-igen Formollösung bei Zimmertemperatur unter einem Druck von 100 mm Hg. Der Kopf wurde anschließend in 4 %-igem Formol 12 Stunden nachfixiert und nach dem Abpräparieren der Kopfhaut in einen stereotaktischen Rahmen eingespannt. Mit einer stereotaktischen Schneidevorrichtung, die

fest mit dem Rahmen verbunden war, wurden bei geschlossener Dura zwei Transversalschnitte so gelegt, daß sie den Koordinaten $ap + 2.0$ bzw. $ap + 12.0$ entsprachen (Horseley-Clark, '08; Reinoso-Suarez, '61). Die von den beiden Schnitten begrenzte Hirnscheibe (Abb. 1) enthielt Teile der primären Sehrinde und vollständig beide lateralen Kniehöcker. Dann wurde das Hirn herauspräpariert und die Bulbi olfactorii verworfen. Ebenfalls abgetrennt und verworfen wurden Kleinhirn, Medulla oblongata und Pons durch einen Querschnitt am rostralen Brückenrand. Die Frontalscheibe wurde ventral durch einen Horizontalschnitt etwas beschnitten. Alle Frontalscheibenanteile wurden je Versuchstier in ein Gazesäckchen eingebunden und in einem Glaszylinder (8 l) auf einem eingelassenen Rost gelagert. So war es möglich, die Wässerung und anschließende Dehydrierung aller Hirnteile unter gleichen Bedingungen durchzuführen. Die Dehydrierung wurde in aufsteigender Äthanolreihe vorgenommen: 2 Tage in 70%, je 1 Tag in 90% und 96% und 1/2 Tag in 100%. Die Wägung erfolgte nach der Behandlung in 100%-igem Äthanol, weil in dieser Phase der Gewebsaufbereitung das Hirngewicht nach der Dehydrierung in relativ fester Korrelation zum Hirnfrischgewicht steht (Leibnitz, '71).

Nach der Wägung wurden die Blöcke für 2 - 3 Stunden in Ätheralkohol gebracht und dann in 2%-igem Celloidin 5 Tage übertragen. Anschließend folgte drei Wochen die Celloidineinbettung im Vakuum modifiziert nach Romeis ('61). Sie wurde für 12 Tage in 4%-igem Celloidin über CaCl_2 vorgenommen und in 8%-igem Celloidin über H_2SO_4 (ca 10 Tage); dabei wurde das Celloidin bis auf die Hälfte eingedickt. Anschließend erfolgte die Härtung über Chloroform (2 Tage).

Die eingebetteten Frontalscheiben wurden transversal in Serie geschnitten (Schnittdicke 15_{μ}). Die Schnittebene stimmte mit der Ebene überein, die durch die stereotaktische Schneidevorrichtung festgelegt wurde. Jeder 5. Schnitt wurde mit Thionin gefärbt.

2) Auswahl der Meßpräparate

Die Lage der Meßpräparate (Abb. 1) wurde auf 65% der rostrocaudalen Ausdehnung des Dorsalkerns des Corpus geniculatum laterale (CGLd) bezogen. Alle Schnitte, die das CGLd enthielten, wurden gezählt. 65% dieser Anzahl ergaben, auf die rostro-caudale Ausdehnung bezogen, die Schnittnummer des zu messenden Schnittes. Das zweite Präparat lag fünf Schnitte vor diesem, das dritte fünf Schnitte dahinter (Abstand vom Mittelschnitt jeweils 75_{μ}).

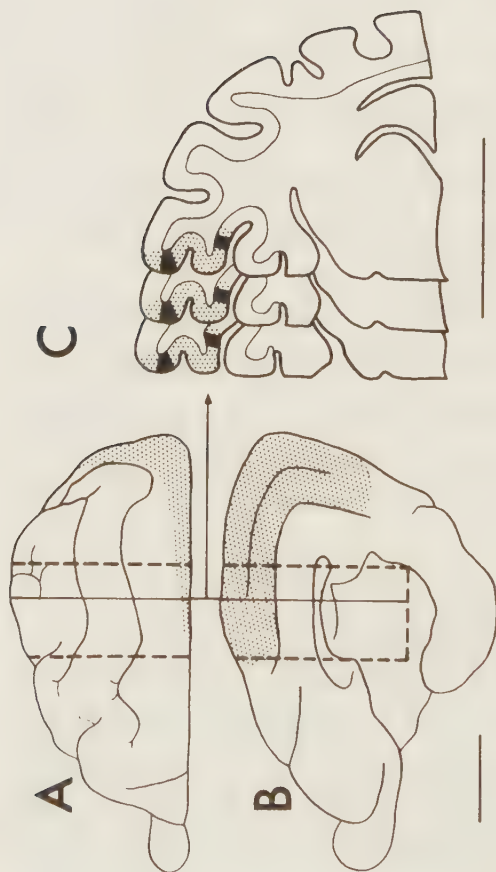


Abb. 1: Ausdehnung der Area 17 und Lage der Meßfelder.

A) Ansicht des Gehirns von dorsal.

B) Ansicht des Gehirns von medial. Maßstab = 1 cm.

Area 17, punktiert (nach Otsuka und Hassler, '62). Der entnommene Gewebsblock ist durch die gestrichelte Linie markiert. Die durchgezogene Linie markiert die Lage der drei in C dargestellten Schnitte.

C) Lage der Meßfelder (schwarz) in den drei Transversalschnitten. Maßstab = 1 cm.

3) Meßanordnung

Die Meßanordnung bestand aus sechs miteinander verbundenen Untereinheiten: Mikroskop, Scheibenplanimeter, Interface und Schreibautomat mit Lochstreifenstanzer dienten der Datenerfassung, x-y-Schreiber und Meßzeilengrenzenkomparator der Orientierung im Präparat. Zwei Personen bedienten die Apparatur. Vom Arbeitsplatz am Mikroskop erfolgte das Auswählen und Einstellen der zu vermessenden Nervenzellen sowie die laufende Kontrolle über den Standort im Präparat. Von der zweiten Person wurden das Projektionsbild der Nervenzellen mit dem Scheibenplanimetermeßwerk genullt und nach dem Meßvorgang die Registrierung der Meßdaten ausgelöst.

a) Mikroskop: Das Mikroskop (Leitz, Orthoplan) war ausgerüstet mit einem Binokular (10-fach), dem ein Fadenkreuz eingefügt war, sowie mit 10- und 100-fachen planapochromatischen Ölimmersionsobjektiven. Der Kreutztisch des Mikroskops wurde in x- und y-Richtung durch 2 Digitalmikrometer ¹⁾ (Einstellgenauigkeit $\pm 0,5 \mu$) bewegt. Die Spindeln konnten über Treibriemen durch Handräder manuell betätigt werden. Die Koordinatenveränderungen wurden durch Vorwärts-Rückwärtszähler registriert, die mit dem Digital-

1)

Firma Boeckler, Newport, Californien

mikrometer verbunden waren. Die Fokussierung erfolgte über ein unter dem Tisch angebrachtes Gestänge mit dem Knie. Dadurch waren die Hände frei für die Betätigung der beiden Handräder. Über ein aufgesetztes Umlenkprisma wurde das mikroskopische Bild aus dem Mikroskop gespiegelt und über einen Umlenkspiegel von unten auf eine Mattscheibe des Planimetermeßtisches projiziert.

b) Interface: Die Koordinaten des Meßortes und die Flächenwerte der vermessenen Zelle übertrug das Interface auf einen Schreibautomaten ²⁾. Jeder Einzelmessung wurde dabei automatisch eine fortlaufende Nummer gegeben. Ferner konnte am Interface ein Datencode eingestellt werden, der entweder Zellen oder Kurvenpunkte kennzeichnete.

c) Meßzeilengrenzenkomparator: Am Interface konnten y-Werte von Hand eingegeben werden, die den Meßzeilengrenzen entsprachen. Ein Verlassen der Meßzeile wurde durch einen Warnton signalisiert.

d) x-y-Schreiber: Zur Standortkontrolle wurden die Koordinatenwerte vom Interface über einen Analogwandler auf einen x-y-Schreiber ³⁾ übertragen. Nervenzellen im zu vermessenden Feld (Meßfeld) wurden durch diesen Plotter als Punkte auf Millimeterpapier markiert.

2)
Dura Schreibautomat

3)
Firma Linseis

Die Grenzen des Meßfeldes, d.h. des Rindenabschnittes, in welchem die Nervenzellen gemessen wurden, konnten durch dicht aufeinanderfolgende Punkte auf dem gleichen Papier markiert werden. Die Koordinaten dieser Punkte wurden ebenfalls über das Interface auf Lochstreifen gespeichert. Das 125-fach vergrößerte Plotterbild gewährte eine laufende Kontrolle über den Standort im Meßfeld während der Zellvermessung.

e) Scheibenplanimeter: Auf der Mattscheibe wurde die Zellkörperfläche der 1250-fach vergrößerten Nervenzellen mit einem Scheibenplanimeter ⁴⁾ vermessen. Auch dieses Gerät war mit einem Digitalwandler mit Vorwärts-Rückwärtszähler ⁵⁾ ausgerüstet. Der ermittelte Flächenwert wurde über das Interface auf den Schreibautomaten bzw. Lochstreifenstanzer übertragen. Auf die Mattscheibe des Meßtisches war eine senkrechte Linie bis zur Scheibenmitte eingezeichnet. Das Prisma und der Umlenkspiegel wurden so justiert, daß der Endpunkt der Linie dem Schnittpunkt des Fadenkreuzes im Beobachterokular entsprach. Vor jeder neuen Zellmessung wurde der Planimeterzähler genullt. Nach dem Planimetrieren wurde durch Fußschalter die Übertragung der Meßdaten (Koordinaten und Flächenwert) auf den Schreibautomaten ausgelöst.

⁴⁾ Firma Ott

⁵⁾ Firma Heidenhain-Traunreuth

4) Meßvorgang

Jedem zu vermessenden Schnitt wurde über den Schreibautomaten ein Kennsatz vorangegeben mit Angaben über das zu vermessende Präparat (Fallnummer, Färbung, Schnittdicke, Vergrößerung). Dann folgten die Koordinatenwerte der Meßfeldgrenzen; anschließend die Daten der vermessenen Nervenzellen (laufende Nummer, Koordinatenwerte des Nervenzellortes in μ , Flächenangabe in $0,1 \text{ mm}^2$). Sämtliche Daten wurden vom Schreibautomaten auf Protokollpapier ausgedruckt und gleichzeitig auf Lochstreifen gestanzt. Kennsatzdaten, Begrenzungslinien und Zellmeßwerte bekamen jeweils verschiedene Codenummern, die am Interface eingestellt wurden. Die Codierung diente dem Erkennen der Datenmenge während der elektronischen Datenverarbeitung.

Die Nervenzellen wurden von einer Person eingestellt und von einer zweiten planimetriert. Zunächst wurden die Meßfelder in einer Camera-lucida-Zeichnung des zu vermessenden Schnitts eingezeichnet. Diese Zeichnung diente als Orientierungshilfe für die Einstellung des Präparats im Mikroskop. Die beiden Meßfelder, A 17 laterales Meßfeld und A 17 mediales Meßfeld, wurden so ausgewählt, daß sie in den drei Schnitten in Größe und Lage einander entsprachen (Abb. 1).

Bei der Übersichtsvergrößerung (10-er Objektiv) wurde ein markanter Punkt (z.B.: ein Nucleolus oder eine Oligodendrogliazelle) außerhalb des Meßfeldes als Nullpunkt gewählt und zwar so, daß das Meßfeld im positiven Bereich des Koordinatensystems lag. Der Rindenabschnitt, der die Meßfelder enthielt, wurde durch zwei Kurvenzüge auf dem x-y-Schreiber markiert. Innerhalb dieser Zeichnung waren die jeweils anvisierten Orte auf dem x-y-Schreiber immer ablesbar, weil sich die Schreibfelder synchron mit der Präparatverschiebung bewegte. Die Area wurde in Zeilen vermessen, die parallel zur x-Achse verliefen. Die Zeilenbreite betrug 50μ . Um den primären Schnittdickenfehler klein zu halten, wurden nur solche Zellen vermessen, die einen Nucleolus erkennen ließen (Haug, '67). Jede zu vermessende Nervenzelle wurde so eingestellt, daß das Fadenkreuz den Nucleolus traf. Die auf den Zeilengrenzen liegenden Nervenzellen wurden wie bei der Zählung der Blutzellen ausgewertet. So wurde vereinbart, daß alle Zellen, die auf der Obergrenze der Meßzeile lagen zur eingestellten Zeile zählten, während alle Zellen, die auf der Untergrenze lagen zur nächsten Zeile gezählt wurden. Das Umfahren der Zellen mit der Fahrlupe des Scheibenplanimeters erfolgte im Uhrzeigersinn. Die Zellaus-

läufer wurden nicht mitgemessen. Etwa 250 Nervenzellen konnten pro Stunde gemessen werden. Ein Meßfeld enthielt durchschnittlich 1200 Nervenzellen.

5) Schichtenmarkierung der Meßfelder im histologischen Präparat

Jedes vermessene histologische Präparat wurde fotografiert. In der Mikrofotographie (400-fache Vergrößerung) wurden entsprechend dem Schichteneindruck die Schichtengrenzen mit Tusche eingezeichnet. Die Flächenanteile der Schichten wurden, bezogen auf das jeweilige Meßfeld, prozentual bestimmt.

6) Datenverarbeitung

Die gespeicherten Daten wurden mit Hilfe eines Prozeßrechners (IBM 1130, Zentrale Rechenstelle des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie) analysiert und nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet dargestellt. Die Systemkonfiguration bestand aus der Zentraleinheit, 2 Magnetbandeinheiten, Zeilendrucker, Karteneinheit und Speicheroszillograph mit Fotoeinrichtung. Die Lochstreifendaten wurden über die Zentraleinheit IBM 1130 auf Magnetband gelesen. Auf der Platte waren die Daten in 5 Files geordnet und in Sätze gegliedert. Von der Platte ließ sich die Datenmenge nach Schnitten geordnet auf Magnetband übertragen. Alle Schnitte konnten nacheinander vom

Band auf die Platte zurückgeholt werden. Die für unsere Fragestellung entwickelten Programme erlaubten unter anderem folgende Darstellungsarten oder Datenanalysen:

a) Darstellung der Zellorte jeder beliebigen Zellgrößenklasse auf dem Bildschirm in Form von Punkten oder flächengetreuen Kreisen (Cytotopogramme).

b) Darstellung von Histogrammen auf dem Bildschirm von der Gesamt- oder Teilfläche des Meßfeldes nach Zellgrößen mit der Berechnung von Mittelwert, Standardabweichung etc.

c) Auswahl der Daten nach Größenklassen (Eingabe erfolgte über Konsole oder über Analogspannung) und nach Teilflächen (beliebige Polygonzüge konnten eingelesen werden).

d) Translation und Drehung sowohl der Darstellung als auch der Daten unter Kontrolle am Bildschirm.

7) Polygonzugmarkierung vom Bildschirm

Bei der Darstellung der vermessenen Nervenzellen auf dem Bildschirm wurden interessierende Meßfeldteilflächen (Schichten) durch Polygonzüge umgrenzt und untersucht. Eine Schicht im Meßfeld auf dem Bildschirm war aus je zwei Schichtgrenzen und den seitlichen Meßfeldgrenzen festgelegt, die stets parallel der Säulenordnung der Nervenzellen ver-

liefen. Zur Ermittlung der Eckpunkte eines Polygonzuges wurden die Schichtgrenzen des Cytotopogramms mit Hilfe einer Klarsichtfolie vom Bildschirm auf Millimeterpapier übertragen. Die so ermittelten Koordinaten der Polygonzugeckpunkte wurden auf Lochkarten über die Karteneinheit eingegeben.

Ergebnisse

A Histologische Beschreibung der Area 17

1) Lage der Area 17

Die Area 17 erstreckt sich über den Gyrus supra-splenialis, splenialis und postsplenialis sowie über Teile des Gyrus lateralis und postlateralis (Abb. 1). Der größte Teil der Area 17, etwa 70%, liegt an der medialen Hemisphärenfläche, wo fast der ganze caudale Bereich des Gyrus postlateralis von der Area 17 eingenommen wird. Die vordere Grenze auf der Medialfläche verläuft bogenförmig zum Sulcus splenialis, dann caudalwärts auf der ventralen Fläche des Gyrus splenialis bis zum Ende des Sulcus splenialis. Auf der Konvexität des Gehirns nimmt die Area 17 mediale Anteile des Gyrus lateralis und des Gyrus postlateralis ein. Die Grenze zwischen der Area 17 und der Area 18 auf dem Gyrus lateralis liegt fast parallel zur Fissura longitudinalis cerebri. Ein Viertel der Breite des Gyrus lateralis wird hier von der Area 17 eingenommen. Im Bereich des Gyrus postlateralis verbreitet sich die Area 17 etwas. Hier stimmt die Grenze zur Area 18 etwa mit dem Sulcus postlateralis überein. Die rostrocaudale Ausdehnung der Area 17 beträgt je nach Größe des Gehirns zwischen 18 und 25 mm.

2) Lage des binokulären und monokulären Teils der Area 17

Die Hauptafferenz der Area 17 kommt vom Dorsalkern des Geniculatum laterale. Ganz lateral in diesem Kern ist der monokuläre Teil der Retina repräsentiert, der Teil der Retina, auf dem der laterale nur jeweils von einem Auge sichtbare Teil des Gesichtsfeldes abgebildet wird. Man bezeichnet diesen lateralen Anteil des Geniculatum laterale als monokuläres Segment. Das monokuläre Segment projiziert zu einem ganz medial gelegenen Abschnitt der Area 17, der im Sulcus splenialis verborgen ist (Talbot und Marshall, '41; Bilge et al., '67). Man hat demnach Grund zu der Annahme, daß der monokuläre Teil des Gesichtsfeldes in diesem weit medial gelegenen Teil der Area 17 repräsentiert ist.

3) Lage der Meßfelder

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei Meßfelder in der Area 17 ausgewählt (Abb. 1) von denen eines im lateralen (binokulären) Teil der Area 17 lag und das andere im medialen (monokulären) Teil. Das mediale Meßfeld wurde nahe der medialen Grenze der Area 17 im Sulcus splenialis ausgewählt. Das laterale Meßfeld entspricht der Projektion eines Teiles vom binokulären Segment des dorsalen Geniculatumkernes. Es liegt im dorsal vom Sulcus suprasplenialis gelegenen Teil des Gyrus suprasplenialis. Beide Meßfelder lagen in der linken Hemisphäre.

4) Cytoarchitektonische Beschreibung

Sechs Hauptschichten lassen sich unterscheiden, von denen sich noch zwei weitere unterteilen lassen: Schicht I, II, III, IVa + b, IVc, V, VIa, VIb (Abb. 2A). Schicht I, II und III nehmen in ebenen Rindenabschnitten etwa ein Drittel der Cortexdicke ein; ebenso wie die Dicke von Schicht IV allein; Schicht I ist mit 25% die schmalste Schicht des obersten Cortexdrittels; Schicht II und III sind etwa gleich dick. Schicht V und VI bilden den ans Mark grenzenden Drittelanteil. Schicht V entspricht in ihrer Dicke etwa Schicht I. Beim Schichtdickenvergleich der beiden Meßfelder zeigte sich, daß im lateralen Meßfeld die oberen Schichten (Schicht I, II, III) 25% der Gesamtdicke einnahmen; der Schichtdickenanteil des medialen Meßfeldes betrug für diesen Bereich 32%. Für die tiefen Schichten V und VI betrug er hier 24% während diese Schichten im lateralen Bereich 43% der Gesamtschichtdicke einnahmen (Tab. 2). Daraus folgt: Die oberen Schichten im lateralen Meßfeld sind schmaler als im medialen Meßfeld, während der Anteil der tiefen Schichten vom lateralen Meßfeld fast doppelt so dick ist wie der des medialen Meßfeldes.

Tabelle 2

Schichtdickenanteile in Prozent

	Schicht I	II+III	IVa+b, IVc	V	VI
Mediales Meßfeld	12	20	44	9	15
Laterales Meßfeld	7	18	32	11	32

Schicht I liegt unmittelbar unter der Pia und ist scharf gegen Schicht II abgegrenzt. Sie enthält vereinzelt kleine, zum Teil runde, zum Teil sternförmige Nervenzellen.

Schicht II ist nur wenige Zellagen dick. Sie enthält kleine, blaßgefärbte Pyramidenzellen, die vielfach in kleinen Gruppen zusammenliegen und wenige sternförmige Nervenzellen.

Schicht III enthält mittelgroße und kleine Pyramidenzellen mit dunklerem Cytoplasma als in Schicht II. In der äußeren Lage von Schicht III treten zwischen den Pyramidenzellen kleine, runde Nervenzellen auf, deren Zahl nach innen hin stetig zunimmt. Der Übergang von den kleinen Pyramidenzellen der Schicht II zu den mittelgroßen der Schicht III geschieht so allmählich, daß es oft schwerfällt, beide Schichten scharf auseinanderzuhalten. Die Schichtgrenze zwischen Schicht II und Schicht III ist manchmal an einem nahezu zellfreien Streifen, der etwa die Dicke einer Zellage hat, zu erkennen.

Schicht IV ist unterteilt in eine oberflächliche und tiefe Lage (IVa + b, IVc). Die Unterschicht IVa + b enthält den charakteristischen Gennari'schen Markfaserstreifen. Auf Grund dieses Merkmales wird die Area 17 auch als Area striata bezeichnet.

In Schicht IV findet man neben kleinen Körnerzellen ziemlich große Sternzellen, die überwiegend in Schicht IVa + b vorkommen, in Schicht IVc aber fast völlig fehlen. Schicht IVa + b ist die an Körnern ärmste Schicht. Die Verdichtung der Körnerzellen in Schicht IVc erlaubt im Nissl-Präparat eine Unterscheidung zu der Unterschicht IVa + b.

Schicht V ist hell und besteht aus zerstreut liegenden Zellen mit vereinzelt großen Pyramiden, den sogenannten Meynert'schen Solitärzellen.

Schicht VI dominiert durch ihre Breite. Sie besteht aus 2 Unterschichten, einer äußeren, dichteren Zellage und einer tiefer gelegenen, lockeren Zellordnung, die sich scharf gegen die Fasern der weißen Substanz abgrenzen. Beide Unterschichten sind zu Säulen in Richtung radiär verlaufender Fasern angeordnet. Auffällig in dieser Schicht ist die starke Anfärbbarkeit der Zellen im Nisslpräparat.

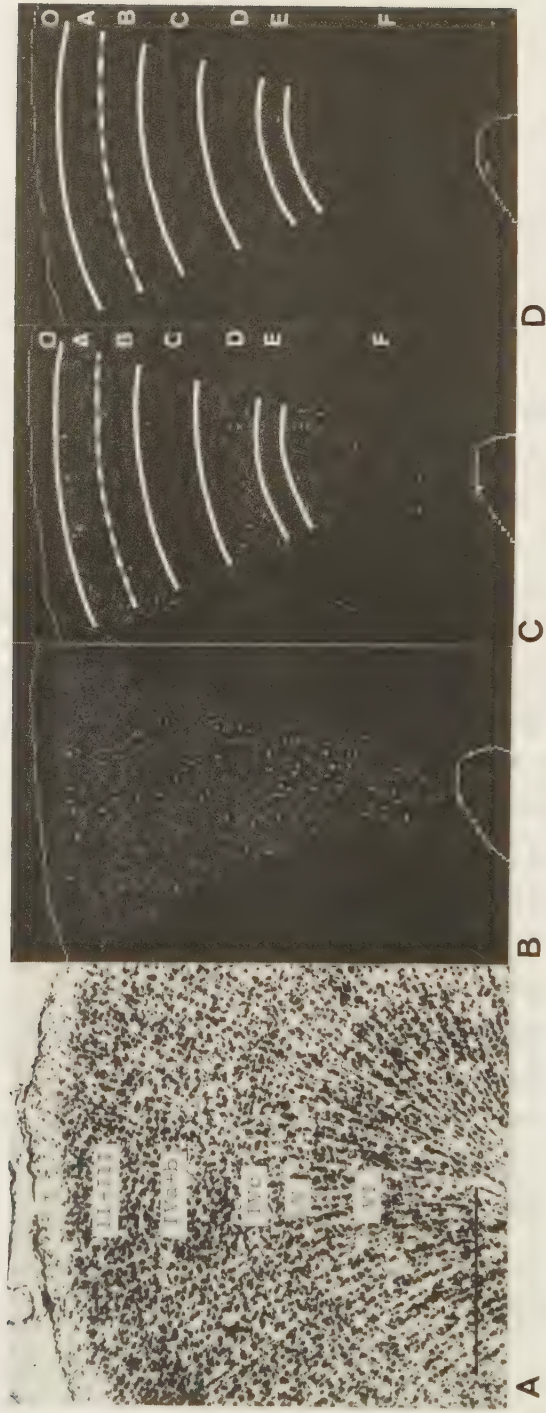


Abb. 2: Vergleich der cytoarchitektonischen Schichtung (nach Otsuka und Hassler, '62) mit der Schichtung im Cytotopogramm.

A) Rinde im Bereich des lateralen Mesfeldes. Fall 304, Schnitt 235, Nissl, Maßstab = 0,5 mm.

B) Cytotopogramm des gleichen Mesfeldes. Darstellung aller gemessenen Zellen. Gleiche Vergrößerung wie A.

C) Cytotopogramm des gleichen Mesfeldes: Darstellung der Zellgrößenklasse: 55 - 85 μ^2 . Gleiche Vergrößerung wie A.

D) Cytotopogramm des gleichen Mesfeldes. Zellgrößenklasse: 110 - 150 μ^2 . Beachte, daß sich die Schichtung komplementär zur Schichtung in B verhält. Gleiche Vergrößerung wie A.

B Quantitative Untersuchung der Area 17

1) Die Zellmessung

Alle Nervenzellen innerhalb eines Meßfeldes, die einen Nucleolus im Zellkern erkennen ließen, wurden planimetrisch in der optischen Ebene des Nucleolus vermessen. Gleichzeitig wurde der jeweilige Zellort als x- und y-Wert registriert. Ein Meßfeld enthielt durchschnittlich 1200 Nervenzellen. Pro Tier wurden 6 Meßfelder, 3 im medialen und 3 im lateralen Anteil der Area striata vermessen.

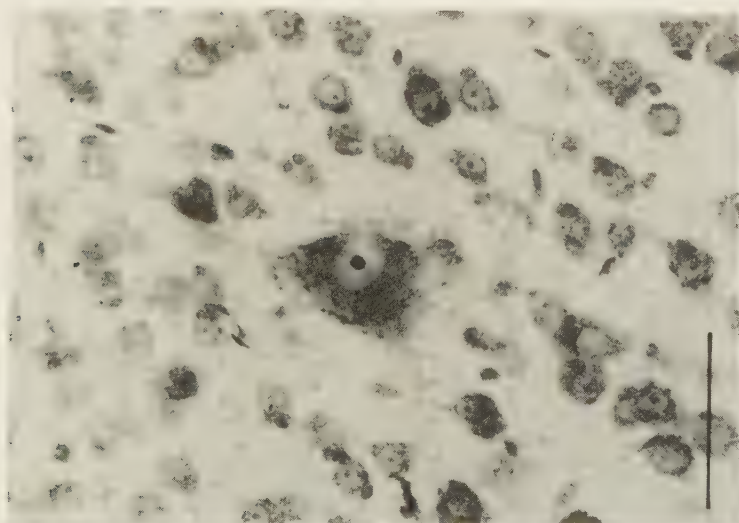
Die kleinsten gemessenen Nervenzellen hatten einen Flächenwert von etwa $40 \mu^2$. Die 20 größten Zellen der jeweiligen Meßfelder lagen in der Regel im Größenklassenbereich von 170 bis $570 \mu^2$ (Abb. 3). Einzelne Zellen hatten einen noch größeren Flächenwert. So hatte die größte vermessene Zelle im Fall 303 (Schnitt 145, mediales Meßfeld) eine Größe von $910 \mu^2$ (Abb. 4).

2) Mittlere Zellgröße und Standardabweichung

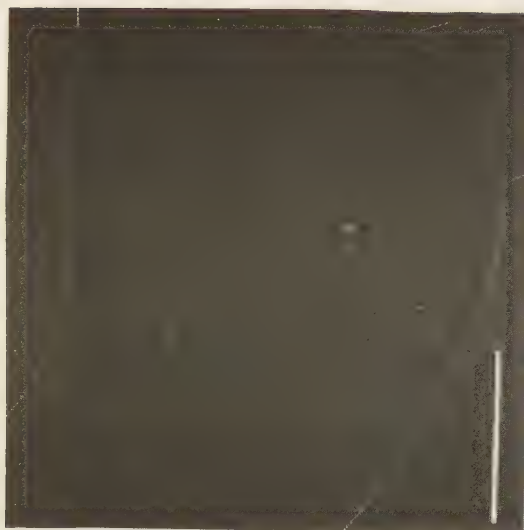
Für jedes der 36 Meßfelder wurde die mittlere Zellgröße $\bar{x}$ und die Standardabweichung σ errechnet (Tab. 3) und dargestellt (Abb. 5). Die unterschiedliche Anzahl der gemessenen Zellen war durch die unterschiedliche Größe der Meßfelder bedingt.



Abb. 3: Beispiel zur Lokalisation der größten Zellen.
 Cytotopogramm aller gemessenen Zellen in Fall 304, Schnitt₂,
 235, laterales Meßfeld. Die 20 größten Zellen ($170 - 910 \mu^2$)
 sind als Quadrate hervorgehoben. Maßstab = 0,5 mm.



A



B

Abb. 4: Größte beobachtete Zelle.
 A) Mikrofoto der größten beobachteten Zelle ($910 \mu^2$)
 Fall 303, Schnitt 145, mediales Mesfeld. Maßstab $\approx 50 \mu$.
 B) Lage der Zelle im Cytotopogramm. Maßstab = $0,5 \text{ mm}$.

Tabelle 3

Tier Nr. (Zellzahl)	$\bar{X}_T$	$\bar{X}_{Tmed}$	$\bar{X}_{Tlat}$	Schnitt Nr.	$\bar{X}_S$	$\bar{X}_{Smed}$	$\bar{X}_{Slat}$
300 (n = 7420)	93,2	93,2	93,2	205 210 215	94,7 92,8 92,1	96,2 + 28,9 93,3 + 28,3 98,9 + 25,3	93,2 + 28,9 92,3 + 28,4 94,3 + 27,5
301 (n = 6523)	89,1	88,5	89,6	110 115 120	85,9 85,5 93,9	86,8 + 30,9 84,1 + 25,5 93,8 + 27,7	85,0 + 36,1 87,1 + 25,9 94,0 + 34,2
302 (n = 6578)	100,8	101,5	100,2	20 25 30	99,0 99,4 103,9	99,8 + 24,2 96,8 + 26,0 107,7 + 32,7	98,3 + 25,7 101,8 + 26,0 100,4 + 25,7
303 (n = 7081)	90,3	90,7	89,8	145 150 155	90,4 88,9 91,7	91,8 + 35,3 86,0 + 22,8 94,8 + 26,8	88,9 + 28,6 91,7 + 25,0 88,6 + 28,1
304 (n = 7022)	94,8	93,4	96,2	231 235 240	96,1 91,1 98,2	91,5 + 28,5 90,0 + 25,8 99,4 + 37,6	99,6 + 29,5 92,1 + 34,4 96,9 + 30,4
305 (n = 7211)	94,8	96,6	93,3	185 190 196	94,3 86,5 102,4	99,0 + 26,0 85,5 + 27,8 105,3 + 27,6	90,7 + 29,2 87,5 + 29,0 100,1 + 32,0

Mittlere Zellgröße $\bar{X}$ und Standardabweichung σ in μ^2 ;
 pro Tier ($\bar{X}_T$) im medialen ($\bar{X}_{Tmed}$) und lateralen ($\bar{X}_{Tlat}$) Mesfeld;
 pro Schnitt ($\bar{X}_S$) im medialen ($\bar{X}_{Smed}$) und lateralen ($\bar{X}_{Slat}$) Mesfeld;

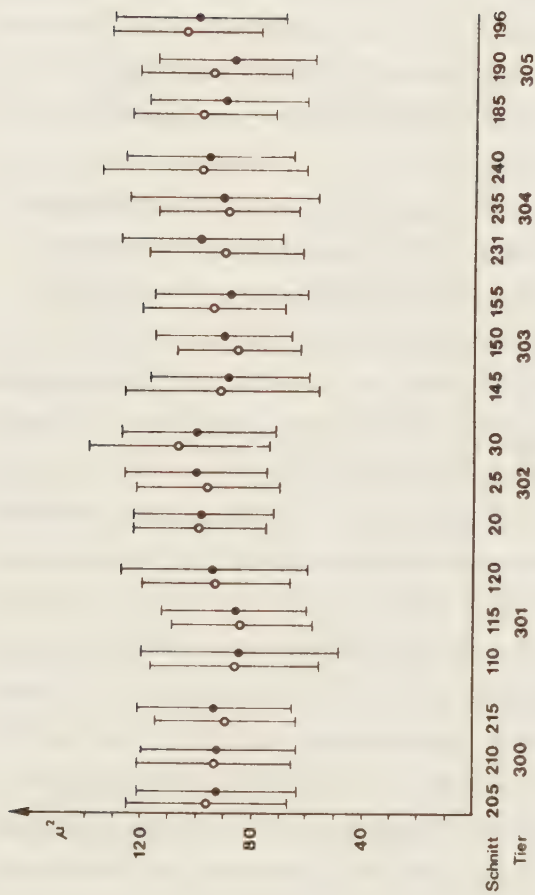


Abb. 5: Mittlere Zellgröße mit jeweiliger Standardabweichung, dargestellt von allen 36 Meßfeldern. Offener Kreis: mittlere Zellgröße im medialen Meßfeld. Geschlossener Kreis: Mittlere Zellgröße im lateralen Meßfeld.

a) Vergleiche zwischen den verschiedenen Tieren

Der Gesamtmittelwert aller vermessenen Zellen betrug $93,8/u^2$. Für jedes Tier wurde die mittlere Zellgröße errechnet und eine Rangordnung der ermittelten Werte aufgestellt. Sie reichte von $\bar{x}_T = 89,7/u^2$ bei Tier 301 bis $\bar{x}_T = 100,8/u^2$ bei Tier 302 (Tab.3). Die extremen Abweichungen vom Gesamtmittelwert betrugen - 5% bzw. + 7%. Innerhalb eines Tieres schwankten die Mittelwerte unterschiedlich stark. Im Tier 305 fand sich die stärkste Abweichung. Der Mittelwert aus allen Schnitten betrug hier $\bar{x}_T = 94,8/u^2$. Mit der kleinsten mittleren Zellgröße von $\bar{x}_{Smed} = 85,5/u^2$ im Schnitt 190 und der größten mittleren Zellgröße von $\bar{x}_{Smed} = 105,3/u^2$ im Schnitt 196, zeigte dieses Tier eine Spannweite von $19,8/u^2$. Die prozentuale Mittelwertabweichung vom Mittelwert dieses Tieres betrug - 9,8% bzw. + 11,1%. Mit einer Spannweite von $6,3/u^2$ zeigte Fall 300 die geringste Schwankung um den Mittelwert $\bar{x}_T$ von $93,2/u^2$. Die prozentuale Abweichung betrug hier - 3,5% bzw. + 3,2%. Die Rangordnung der mittleren Zellgröße der 6 Tiere, verglichen mit ihrem Geschlecht und Hirngewicht, zeigte, daß weder ein Anhalt für eine Korrelation der mittleren Zellgröße zum Geschlecht noch eine Beziehung des Mittelwertes zum Hirngewicht

bestand. (Vergleiche Tab. 1 und Tab. 3). Die Standardabweichung war im Vergleich zur mittleren Zellgröße relativ groß. Sie war ein Maß für die Populationsbreite der vermessenen Zellen und reichte von $\pm 22,8/u^2$ Fall 303, mediales Meßfeld Schnitt 150 bis $\pm 37,6/u^2$ Fall 304, mediales Meßfeld Schnitt 240 (Abb. 5).

b) Vergleich zwischen den beiden untersuchten Regionen

Verglich man den Mittelwert aller Zellen aus lateralen und den Mittelwert aller Zellen aus medialen Meßfeldern, so zeigte sich eine nur sehr geringe Abweichung von $\pm 0,1/u^2$. Der Vergleich der jeweiligen Mittelwerte der einzelnen Tiere zeigte, daß von den 6 Tieren der Fall 300 die gleichen Mittelwerte für das mediale und laterale Meßfeld aufwies. Die Mittelwerte der medialen Meßbereiche der Tiere 301 und 304 waren jeweils kleiner als die entsprechenden Mittelwerte der lateralen Meßfelder (Tab. 3). Daß sich keine deutlichen Mittelwertunterschiede zwischen den medialen und lateralen Meßfeldern fanden, zeigte auch der Vergleich der Mittelwerte der Einzelschnitte jedes Tieres. Die Verteilung der mittleren Zellgröße von jedem der 6 Meßfelder in einem Versuchstier war zufällig. Nie zeigten die Mittelwerte von jedem der 3 Schnitte eine gleichartige Verschiedenheit der beiden Meßfelder, d.h., nie waren in einem Tier die

Mittelwerte der medialen Meßfelder entweder alle 3 größer oder alle 3 kleiner als die entsprechenden lateralen Meßfelder. Trotz der unterschiedlichen Mittelwerte der untersuchten Schnitte stimmte die Rangordnung der mittleren Zellgröße des lateralen Meßfeldes für jedes Tier mit der Rangordnung der Mittelwerte des medialen Meßfeldes überein. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der medialen und lateralen Meßfelder innerhalb eines Tieres waren also kleiner als die Mittelwertunterschiede zwischen allen Tieren. Daher hatten verschiedene Mittelwerte für mediales und laterales Meßfeld keinen Einfluß für die Rangordnung der Mittelwerte aller Versuchstiere.

3) Häufigkeit verschiedener Zellgrößen

a) Histogramm

Eine Möglichkeit, die Häufigkeitsverteilung der Flächenwerte der vermessenen Nervenzellen graphisch darzustellen, ist ein Histogramm. Jede Säule entspricht einer Größenklasse. Ihre Länge repräsentiert die Anzahl der Zellen, die in diese Klasse fallen. Von jedem der untersuchten Meßfelder wurde ein derartiges Histogramm mit einer Größenklassenbreite von $5/\mu^2$ angefertigt.

Die 36 Histogramme weisen folgende Gemeinsamkeiten auf:

- 1) Alle Verteilungen sind eingipfelig. Selbst bei sehr engen Grenzen der einzelnen Größenklassen liegt kein Anhaltspunkt dafür vor, daß die unterschiedlich großen Zellen verschiedene Populationen bilden, die sich in den vermessenen Stichproben mischen.
- 2) Die Form der Kurven ist rechtsschief, d.h.: bei einem bestimmten Abstand vom Mittelwert sind größere Zellen häufiger vertreten als kleinere Zellen im entsprechenden Abstand (Abb. 6). Um die unterschiedlichen Histogrammformen miteinander zu vergleichen, wurde der Kolmogoroff-Smirnow-Test angewandt. Wegen der großen Zahl von Meßwerten zeigte der Test hochsignifikante Unterschiede zwischen allen Histogrammen. Würde der Test durch den Vergleich weniger Größenklassen so vergrößert, daß er zwischen den 3 Meßfeldern der gleichen Region bei ein und demselben Tier keine Unterschiede mehr anzeigte, so ließen sich auch keine Unterschiede zwischen beliebigen anderen Meßfeldpaaren mehr nachweisen.

b) Die Prozentuale Häufigkeitsverteilung

Für 11 zufällig ausgewählte Meßfelder wurde die prozentuale Häufigkeitsverteilung der gemessenen Zellen in $10/\mu^2$ breiten Größenklassen untersucht.

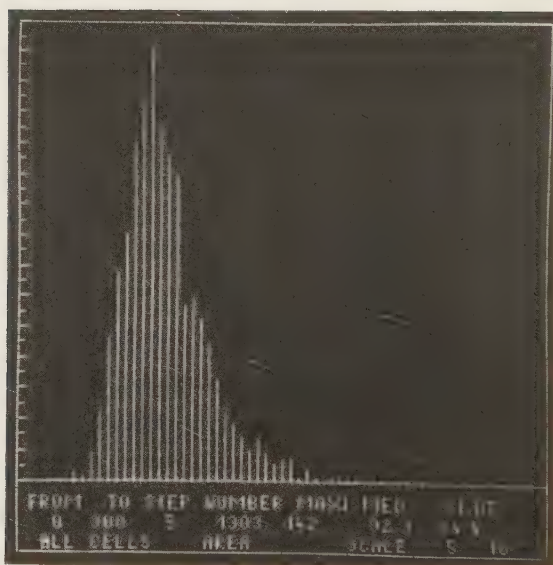


Abb. 6: Beispiel eines Histogramms von allen vermessenen Zellen des lateralen Meßfeldes von Tier 300, Schnitt 235 (Größenklassenbreite: $5, \mu^2$). Die Anzahl der vermessenen Zellen, die Zellanzahl in der höchsten Säule, der Mittelwert und die Standardabweichung wird zur jeweiligen Histogrammdarstellung mit angegeben.

Abszisse: Größenklassen von $0 - 5, \mu^2$ bis $295 - 300, \mu^2$.

Ordinate: Anzahl der Zellen in der jeweiligen Größenklasse.

Große Teilung: 10 Zellen.

Drei dieser Fälle sind in Abbildung 7 dargestellt. 17,8 - 21,9% aller untersuchten Zellen fiel in die jeweils höchstbesetzte Größenklasse. In sieben Fällen lag dieses Maximum in der Größenklasse $90 - 100 \mu^2$, in drei Fällen bei $100 - 110 \mu^2$ und in einem Fall bei $80 - 90 \mu^2$. Im Durchschnitt weisen nur weniger als 2% aller vermessenen Zellen eine kleinere Zellgröße als $50 \mu^2$ auf. Zellen, die die Größenklasse von $150 \mu^2$ überschreiten, sind im Durchschnitt ebenfalls nur zu 2% vertreten.

4) Topographische Lage verschiedener Zellgrößenklassen

a) Cytotopogramm

Die vermessenen Nervenzellen eines Meßfeldes konnten als Lichtpunkte auf dem Bildschirm dargestellt werden. Die Lichtpunkte zeigten den Ort der vermessenen Zellen im Meßfeld an. Jede Zellgrößenklasse konnte gesondert dargestellt werden. Diese Darstellungsweise wurde als Cytotopogramm bezeichnet. Cytotopogramme wurden durch Photos vom Bildschirm dokumentiert.

b) Schichtenoptimierung, Beschreibung der Schichten A - F

Die Cytotopogramme von allen vermessenen Zellen eines Meßfeldes zeigten, abgesehen von einem schmalen, fast zelloßen Streifen unmittelbar unter der Rindenoberfläche, keinen Anhalt für eine deutliche Schichtung

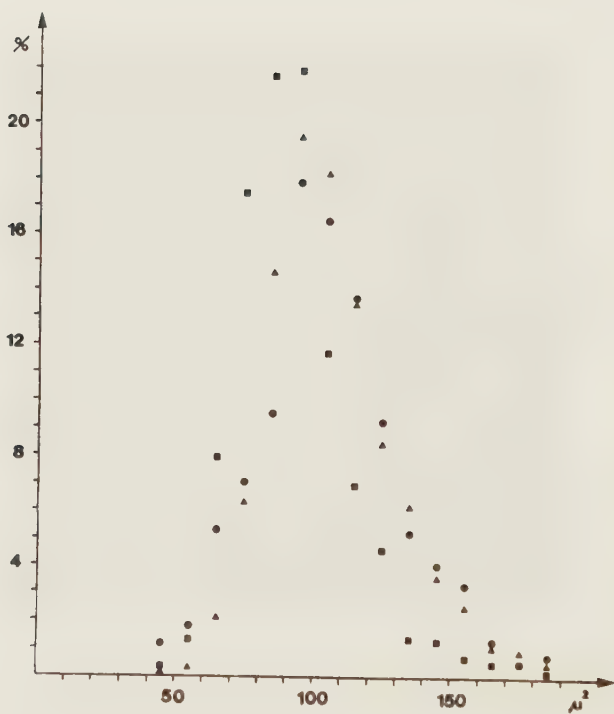


Abb. 7: Prozentuales Histogramm drei verschiedener Meßfelder. Größenklassenbreite: $10 \mu^2$. Auf der Ordinate ist der prozentuale Anteil der jeweiligen Größenklasse an der Gesamtzellpopulation des entsprechenden Meßfeldes aufgetragen. Kreis: Schnitt 240, mediales Meßfeld. Quadrat: Schnitt 115, mediales Meßfeld. Dreieck: Schnitt 231, laterales Meßfeld.

(vergl. Abb. 2B). Bei der Durchmusterung aller Meßfelder auf charakteristische Zellanordnungen mit Hilfe des Cytotopogramms, ließ sich jedoch in jedem einzelnen Meßfeld eine deutliche Schichtung nachweisen. Durch systematische Veränderung des Größenklassenbereiches wurden empirisch die Größenklassen ermittelt, bei denen eine optimale Schichtung auftrat. Das war immer bei zwei Größenklassen der Fall. Diese beiden Größenklassen waren allen Meßfeldern gemeinsam und schwankten in engen Grenzen. Die untere Größenklasse erfaßte alle Zellen von $54,0 \pm 6,0/\mu^2$ bis $86,0 \pm 6,0/\mu^2$, die obere Klasse den Größenbereich von $109,0 \pm 6,0/\mu^2$ bis $147,0 \pm 13,5/\mu^2$. Die Darstellung dieser beiden Zellgrößengruppen ließ, parallel der Oberfläche angeordnet, unterschiedliche Zellverteilungsdichten erkennen. Es konnten sieben Schichten unterschieden werden, die mit O, A, B, C, D, E, F bezeichnet wurden. Schicht O war der zellarme Streifen direkt unter der Pia. Das Cytotopogramm mit der Darstellung der kleineren Zellen (Abb. 2C) zeigte deutliche Zellverdichtungen in Schicht A, B und D. Schicht C und E erschienen zellarm. Umgekehrte Verhältnisse fanden sich in den Cytotopogrammen der größeren Zellpopulationen (Abb. 2D).

c) Schichtgrenzen

Die Schichtgrenzen erhielten die Benennung O/A, A/B, B/C, C/D, D/E, E/F. Die Schichtgrenze O/A, durch die annähernde Zellfreiheit von O bedingt, war immer klar erkennbar. Die übrigen Schichtgrenzen waren dagegen unterschiedlich scharf. Die Schichtgrenzen der Cytotopogramme mit der kleineren Zellgrößenklasse waren deutlicher als diejenigen mit der größeren. Die Schichtgrenzen B/C und C/D stellten sich immer bei beiden Populationen am deutlichsten dar. Beim Vergleich zwischen dem medialen und lateralen Meßfeld konnten keine Unterschiede in der Schärfe der Schichtung festgestellt werden.

d) Quantitative Analyse der Schichten A - F

Eine quantitative Analyse der einzelnen Schichten wurde an den 11 Meßfeldern der beiden Fälle 300 und 304 vorgenommen. Bei der freien Wahl der Zellgrößenklassen erkannte man an den jeweiligen Cytotopogrammen: die kleinsten Zellen von etwa $40\mu^2$ bis $50\mu^2$ waren vorwiegend in Schicht A, die extrem großen von etwa $300\mu^2$ vorwiegend in Schicht E und zum Teil in Schicht C lokalisiert (Vergl. Abb. 3).

aa) Die mittlere Zellgröße $\bar{X}$ und die Standardabweichung σ
in den Schichtungen A - F

Die graphische Darstellung der mittleren Zellgröße in den Schichten verdeutlicht ihre systematische Änderung mit der Tiefenklasse (Abb. 8). Die kleinste mittlere Zellgröße wurde in allen 12 Meßfeldern in Schicht A gefunden. Die größten mittleren Zellgrößen lagen bei 9 der 12 Felder in Schicht C und bei 3 Feldern in Schicht E. Der kleinste in den 12 Feldern beobachtete Mittelwert lag in Schicht A ($68,5 \pm 19,9_{/u^2}$), der größte in Schicht C ($120,3 \pm 34,8_{/u^2}$). Schicht A zeigte die kleinsten Standardabweichungen, während in Schicht E die größten zu finden waren. Bei einem Rangordnungsvergleich der mittleren Zellgrößen in den einzelnen Schichten ließ sich zwischen den 6 medialen und den 6 lateralen Meßfeldern der beiden Fälle kein Unterschied nachweisen.

bb) Die Zelldichten in den Schichten A - F

Die Zellen waren am lockersten in Schicht E angeordnet. Der dichteste Zellbestand fand sich in den beiden oberflächlichen Schichten A und B. Die Zelldichtewerte reichten vom größten Wert 3066 Zellen/mm^2 in Schicht B (Schnitt 235, laterales

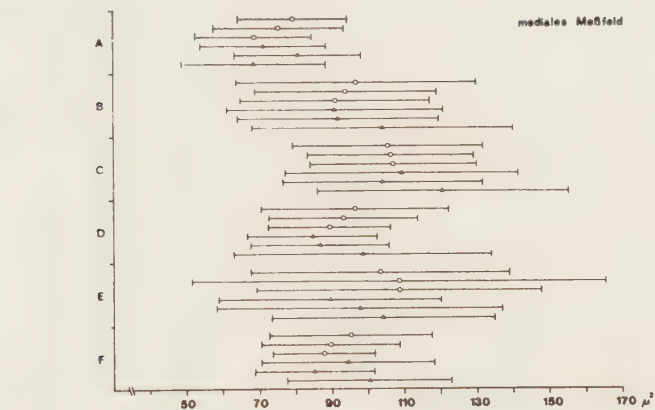
Meßfeld) bis zur lockersten Anordnung von 949 Zellen / mm^2 in Schicht E (Schnitt 240, laterales Meßfeld), (Tab. 4).

Die über alle 12 Meßfelder gemittelten Dichtewerte

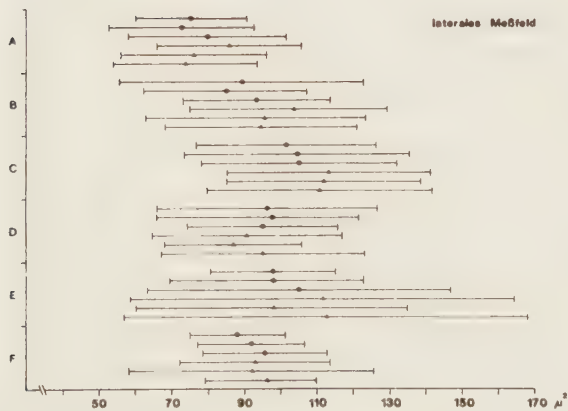
betragen in Schicht A	2350 Zellen / mm^2 ,
in Schicht B	2390 Zellen / mm^2 ,
in Schicht C	1730 Zellen / mm^2 ,
in Schicht D	1990 Zellen / mm^2 ,
in Schicht E	1470 Zellen / mm^2 ,
in Schicht F	1250 Zellen / mm^2 .

Das zeigt deutlich, daß in den Schichten A und B die größte Dichteanordnung zu finden war.

In Schicht E waren die Zellen am lockersten angeordnet. Die Rangordnung der Dichten der übrigen Schichten war uneinheitlich. Zwischen medialen und lateralen Meßfeldern gab es keine wesentlichen Unterschiede in der Rangordnung der Dichten.



A



B

Abb. 8: Mittlere Zellgröße mit jeweiliger Standardabweichung in den Cytotopogrammschichten A, B, C, D, E, F. Auswertung von 12 Meßfeldern. Kreise: Tier 300; Dreiecke: Tier 304. A) Mediales Meßfeld. B) Laterales Meßfeld.

Tabelle 4

Tier / Schnitt	Schicht	Mediales Meßfeld		Laterales Meßfeld	
		n	$\frac{n}{\text{mm}^2}$	n	$\frac{n}{\text{mm}^2}$
300 / 205	A	110	2184	158	2401
	B	347	2339	300	2457
	C	129	1926	348	1765
	D	246	1848	280	1630
	E	116	1387	73	1562
	F	167	1871	70	1487
300 / 210	A	173	2783	127	1899
	B	251	2331	220	2412
	C	200	1862	228	1859
	D	267	2074	328	1771
	E	90	1214	65	1396
	F	261	1965	152	1557
300 / 215	A	152	2363	188	2530
	B	291	2314	194	2207
	C	125	1783	112	1570
	D	212	1964	245	1947
	E	74	1569	72	1387
	F	213	2070	206	1499
304 / 231	A	129	2039	200	2724
	B	248	2643	324	2528
	C	148	1652	330	1903
	D	140	2024	150	2514
	E	54	1508	57	1737
	F	269	1988	235	2023
300 / 235	A	163	2488	229	2694
	B	269	2724	281	3066
	C	129	1832	161	2064
	D	250	2417	229	2734
	E	61	1461	57	2178
	F	273	2135	166	2477
300 / 240	A	160	2279	114	1784
	B	226	1809	187	1870
	C	176	1456	202	1367
	D	172	1540	161	1370
	E	62	1253	50	949
	F	190	1716	155	1366

Zellanzahl n und Zelldichte $\frac{n}{\text{mm}^2}$ in den jeweiligen Cytotopogrammschichten A, B, C, D, E, F. Auswertung von 12 Meßfeldern.

C Vergleich der histologischen Schichten mit den Schichten
des Cytotopogramms

Maßstabgerechte Zeichnungen der Schichtungen vom histologischen Bild deckten sich mit den Schichtungen der entsprechenden Cytotopogrammfälle, die die optimale Schichtung erkennen ließen (Abb. 2A, C und D). Es konnten folgende Zuordnungen getroffen werden: Schicht I = O, Schicht II = A, Schicht III = B, Schicht IVa + b = C, Schicht IVc = D, Schicht V = E, Schicht VI = F. Diese Schichtenzuordnung konnte erst nach den empirisch gefundenen optimalen Cytotopogrammen durchgeführt werden, die jeweils nur Zellen einer bestimmten kleinen oder großen Größenklasse darstellten. Die zusätzliche Darstellung anderer Größenklassen verwischten den Schichteneindruck im Cytotopogramm. Die Zuordnung der jeweiligen Schichten war für alle Meßfelder eindeutig. Sie stimmte nicht nur im Schichtdickenanteil überein. Auch der cytoarchitektonische Eindruck von Größe und Dichte der Nervenzellen spiegelte sich deutlich im Cytotopogramm wieder. Im ganzen kam die Rindenschichtung in den Cytotopogrammen deutlich klarer zum Ausdruck als im histologischen Bild (Abb. 2A, C und D).

Diskussion

Bei der Betrachtung der vorliegenden Cytotopogramme zeigte sich für alle Meßfelder der Area 17 bei zwei Zellgrößengruppen eine Schichtung.

Diese Schichtung, die sich nur auf Grund der Zellgrößen-
auswahl ergab, stimmte mit der cytoarchitektonischen
Schichteneinteilung überein. Bei der Darstellung der
größeren Zellen (Cytotopogramm von $109,0 \pm 6,0/\mu^2$ bis
 $147,0 \pm 13,5/\mu^2$ traten die Schichten IVa + b und V beson-
ders deutlich hervor; bei der Darstellung der kleineren
Zellen (Cytotopogramme von $54,0 \pm 6,0/\mu^2$ die Schichten
II, III, IVc und VI. Nicht nur der Schichtenanteil stimmte
bei der Auswahl der optimalen Cytotopogramme mit den
klassischen histologischen Beschreibungen überein, son-
dern auch die charakteristischen Merkmale der Area 17
der Katze. So erschienen in allen Fällen bei der Dar-
stellung der kleineren Zellgrößen Schicht II und III
sehr schmal und miteinander verschmolzen. Auf diese
Charakteristik wiesen schon Brodmann ('06) und in
jüngster Zeit Otsuka und Hassler ('62) sowie Garey ('71)
hin. Die Unterteilung der Schicht IV in 2 Unterschichten,
konnte ebenfalls durch die Cytotopogramme für beide
optimalen Zellgrößengruppen gezeigt werden. Der Anteil
von großen Zellen in der Oberschicht von Schicht IV

und das Fehlen dieser Zellen in der gleichen Unterschicht kam in Cytotopogrammen gut zur Darstellung. Ebenfalls war die scharfe Grenze von Schicht IV zu Schicht V (Garey, '71) klar erkennbar. Schicht V zeigte im kleinzelligen Cytotopogramm nur einzelne Zellen; wesentlich dichter war sie bei der Darstellung der größeren Zellen. Auch die größten beobachteten Zellen (vergl. Abb. 4A und B) lagen in Schicht V. Es wird angenommen, daß diese Zellen bei der Katze den Meynertschen Riesenzellen der Primaten entsprechen (Cajal, '22; O'Leary, '41; Otsuka und Hassler, '62; Garey, '71). Eine Unterteilung von Schicht VI in multiforme und fusiforme Zellen ließ sich cytotopographisch nicht erfassen. Jedoch war die deutliche radiäre Säulenanordnung der Nervenzellen in Schicht VI, wie sie cytoarchitektonisch beschrieben wurde (Otsuka und Hassler, '62), klar im Cytotopogramm erkennbar. Die Cytotopogramme der medialen und lateralen Meßfelder zeigten deutlich den unterschiedlichen Dickenanteil der einzelnen Schichten in Abhängigkeit von der Rindenkrümmung (konvexe oder konkave Krümmung). Die tiefste Schicht VI im lateralen Meßfeld (konvexe Krümmung) war zu ungefähr einem Drittel an der Rindendicke beteiligt, während ihr Anteil im medialen Meßfeld (konkave Krümmung) um etwa die Hälfte kleiner war. Umgekehrte Schichtdickenanteile in den je-

weiligen Meßfeldern zeigten die oberflächlichen Schichten I bis III. Diese Schichtenvergleiche bestätigen Bok's ('59) ausführliche Untersuchungen über den Einfluß der Rindenkrümmung auf die Dicke der Schichten.

Bei der Darstellung aller vermessenen Zellen zeigte sich kein Anhalt für eine deutliche Schichtung. Offenbar spielt also die Zelldichte für den Schichteneindruck nur eine untergeordnete Rolle. Durch Messung der Zelldichte ließ sich jedoch zeigen, daß sich die Rindenschichten in ihrer Nervenzelldichte unterscheiden. So zeigte sich in den untersuchten Meßfeldern in Schicht II und III die höchste, in Schicht IVa + b und V die niedrigste Zelldichte. Dichteuntersuchungen von Sholl ('59) an ungekrümmten Rindenabschnitten der Area 17 der Katze zeigten in Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen die höchste Nervenzelldichte im Bereich der oberen Rindenschichten. Die übrigen Dichteangaben von Sholl lassen sich nicht mit den vorliegenden Messungen vergleichen, weil sie sich nicht auf Rindenschichten sondern auf relative Tiefenklassen beziehen.

Die Änderung der mittleren Zellgröße in Abhängigkeit zur Rindentiefe zeigte für alle untersuchten Meßfelder die gleiche Charakteristik mit großen Werten in den

Schichten IVa + b und V und kleinen Werten in Schicht II. Schicht III, IVc und VI nahmen bezüglich der mittleren Zellgröße eine Mittelstellung ein.

Auffällig war die höchste Standardabweichung von durchschnittlich $\pm 41,4/\mu^2$ in Schicht V. Sie zeigt, daß in dieser Schicht die größte Variation der Zellgröße vorliegt.

Vergleichbare Mittelwertuntersuchungen anderer Autoren von Area 17 der Katze liegen nicht vor. Als erster führte Bok ('36) quantitative Untersuchungen über das Verhalten der Zellkerngröße in Abhängigkeit zur Cortextiefe durch. Er untersuchte einen 0,4 mm schmalen Streifen der Area temporalis superior des menschlichen Cortex und später nach der gleichen Methode u.a. auch der menschlichen Area 17 (Bok, '59). An Mikrofotographien von 30 μ dicken Nisslpräparaten vermaß er den Abstand von Nervenzellen von der Rindenoberfläche, bestimmte den Kerndurchmesser der Zellen mikroskopisch in zwei Achsen und trug Kernvolumen gegen Abstand von der Oberfläche auf. Dabei zeigten sich zwei Häufungen, bedingt durch geringere Zellkernvolumenvarianz. Eine klare Unterscheidung mehrerer Schichten ließ sich jedoch auf diese Weise nicht nachweisen. Die beiden Varianzminima scheinen den im vorliegenden Material beobachteten geringen Standardabweichungen der mittleren Nervenzellgröße in Schicht II und IVc zu

entsprechen. Die Tatsache, daß Bok ('59) nur eine oberflächliche von einer tiefen Kortextzone trennen konnte, mag darauf beruhen, daß das Kernvolumen in geringeren Grenzen schwankt als die Querschnittsflächen der Nervenzellkörper.

Später untersuchten auch Smit und Colon ('69) und Colon ('71) die Abhängigkeit des mittleren Kernvolumens vom Abstand der Rindenoberfläche. An Nisslpräparaten der Area 17 des Kaninchens (Smit und Colon, '69), sowie in verschiedenen Regionen der menschlichen Hirnrinde (Colon, '71) wurden Nervenzellkerndurchmesser in einem 40 μ breiten, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Streifen vermessen. Um interindividuelle Rindendickenschwankungen vergleichen zu können, unterteilten sie die Rinde von der Schichtgrenze I / II bis zur weißen Substanz in 14 equidistante logarithmische Tiefenklassen. Colon konnte für die verschiedenen Areale einen gleichen Wechsel des mittleren Kernvolumens zur Cortextiefe feststellen. Auch bei einer Prüfung der Bok'schen Meßwerte zeigte sich der gleiche charakteristische Kurvenverlauf. Den einzigen cytoarchitektonischen Unterschied zwischen den Arealen sah Colon im unterschiedlichen Schichtdickenanteil. Wenn sich auch die absoluten Zellgrößenwerte der vorliegenden Arbeit nicht direkt mit Kernvolumenangaben

vergleichen lassen, so zeigen doch die mittleren Zellgrößen eine ähnliche Abhängigkeit von der Cortextiefe wie die Kernvolumina: Ein ständiges Anwachsen des Nervenzellvolumens von der Obergrenze der Schicht II bis zur Schicht IV gefolgt von einer Zunahme in Schicht V und einer Abnahme in Schicht VI.

Ein genauer Vergleich der vorliegenden Meßergebnisse mit den Ergebnissen von Bok ('59), Smit und Colon ('69) und Colon ('71) wird nur möglich sein, wenn die Beziehung zwischen Kern- und Perikarialgröße an einer größeren Zahl von Nervenzellen untersucht ist. Die einzige Untersuchung zu diesem wichtigen Problem beruht auf Durchmesserbestimmung von 247 Nervenzellen und ihren Kernen in der menschlichen Temporalrinde (Bok, '34). Eine Untersuchung der Abhängigkeit von Kernvolumen und Perikarivolumen auf breiterer Basis erscheint deshalb erforderlich.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Area 17 der Katze mit Hilfe einer neu entwickelten halbautomatischen Meßapparatur quantitativ an Nissl-Präparaten untersucht.

An 6 Katzen wurden jeweils in einem medialen und einem lateralen Abschnitt der Area 17 die Nervenzellgrößen gemessen und die Lokalisation der gemessenen Zellen gleichzeitig registriert. Die mittlere Zellgröße variierte - 5% bzw. + 7% um den Gesamtmittelwert von $93,8 \mu^2$. Zwischen medialem und lateralem Meßfeld zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

Die Lokalisation von Nervenzellen beliebiger Zellgrößenklassen wurde mit Hilfe einer Rechenanlage ermittelt und als Cytotopogramm graphisch dargestellt.

In allen untersuchten Meßfeldern war eine bestimmte Klasse kleiner Nervenzellen ($54,0 \pm 6,0 \mu^2$ bis $86,0 \pm 6,0 \mu^2$) und eine bestimmte Klasse größerer Nervenzellen ($109,0 \pm 6,0 \mu^2$ bis $147,0 \pm 13,5 \mu^2$) deutlich in verschiedenen Schichten angeordnet. Die beiden so beobachteten Schichtungen verhielten sich zueinander komple-

mentär und zeigten eine gute Übereinstimmung mit den cytoarchitektonisch beschriebenen Schichten der primären Katzenschinde.

An 12 Meßfeldern wurden die verschiedenen Schichten im einzelnen untersucht. Die Änderung der mittleren Zellgröße in den jeweiligen Schichten war für alle Meßfelder gleich. Schicht II war die Schicht mit der kleinsten mittleren Zellgröße. Die mittleren Zellgrößen in den Schichten IVa + b und V waren jeweils größer als die in ihren Nachbarschichten.

Die Dichteuntersuchung ergab für alle Meßfelder den größten Dichtewert in Schicht II und III und den niedrigsten in Schicht V.

Literaturverzeichnis

BILGE, M., A. BINGLE, K.N. SENEVIRATNE und D. WHITTERIDGE.
A map of the visual cortex in the cat. J. Physiol. Lond.
191, 116 p (1967).

BOK, S.T. A quadratic realltion between the volumes of the
nucleus and body of ganglion cells of different sizes.
Psych. en neur. Bladen, 38. 318 - 326 (1934).

BOK, S.T. A quantitative analysis of the structure of the
cerebral cortex. Proc. Acad. Sci., Amst. 35, 1 - 55 (1936).

BOK, S.T. Histonomy of the cerebral cortex, Elsevier,
Amsterdam (1959).

BRODMANN, K. Beiträge zur histologischen Lokalisation der
Großhirnrinde. II. Mittlg. Der Calcarinatypus. J. Psychol.
Neurol. 2, 133 - 159 (1903).

BRODMANN, K. Über den allgemeinen Bauplan des Cortex pallii
bei den Mammaliern und zwei homologe Rindenfelder im Besonderen.
J. Psychol. Neurol. 6, 275 - 400 (1906).

BRODMANN, K. Vergleichende Lokalisationslehre der Groß-
hirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des
Zellenbaues. Joh. Ambr. Barth, Leipzig (1909).

CAJAL, S. RAMÓN y. Studien über die Sehrinde der Katze.
J. Psychol. Neurol. 29, 161 - 181 (1922).

COLON, E.J. Quantitative cytoarchitectonics of the human
cerebral cortex. Psychiat. Neurol. Neurochir. 74.291 - 302 (1971).

GAREY, L. J. A light and electron microscopic study of the visual cortex of the cat and monkey. Proc. R. Soc. Lond. B. 179, 21 - 40 (1971).

HAUG, H. Bedeutung und Grenzen der quantitativen Meßmethoden in der Histologie. Medizinische Grundlagenforsch. 4, 299-342 (1962).

HORSLEY, V. und R.H. CLARKE. The structure and functions of the cerebellum examined by a new method. Brain 31, 45-124 (1908).

LEIBNITZ, L. Untersuchungen zur Optimierung der Gewichts- und Volumenänderungen von Hirnen während der Fixierung, Dehydrierung und Aufhellung sowie über Rückschlüsse von Gewicht des behandelten auf das Volumen des frischen Gehirns. J. Hirnforsch. 13 (1971/72).

MINKOWSKI, M. Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen der Großhirnrinde und der Netzhaut zu den primären optischen Zentren, besonders zum Corpus geniculatum externum. Arb. Hirnanat. Inst. Zürich 7, 259 - 362 (1913).

O'LEARY, J.L. Structure of the area striata of the cat. J. Comp. Neurol. 75, 131 - 164 (1941).

OTSUKA, R. und R. HASSLER. Über Aufbau und Gliederung der corticalen Sehsphäre bei der Katze. Arch. Psychiat. 203, 213 - 234 (1962).

REINOSO-SUAREZ, F. Topographischer Hirnatlas der Katze für experimentalphysiologische Untersuchungen. E. Merck AG, Darmstadt (1961).

ROMEIS, B. Mikroskopische Technik. R. Oldenbourg Verlag, München, Wien (1968).

SHOLL, D.A. A comparative study of the neuronal packing density in the cerebral cortex. J. Anat. (Lond) 93, 143 - 158 (1959).

SMIT, G.J. und E.J. COLON. Quantitative analysis of the cerebral cortex, Part 1 (Aselectivity of the Golgi-Cox staining technique), Brain Res. 13, 485 - 510 (1969).

TALBOT, S.H. und W.H. MARSHALL. Physiological studies on neural mechanism of visual localization and discrimination. Amer. J. Ophtal. 24, 1255 - 1264 (1941).

Ich danke Herrn Priv. Doz. Dr. H. Holländer
für die Überlassung des Dissertationsthemas.
Die anregenden Diskussionen mit ihm und die Möglichkeit,
in seinem Labor arbeiten zu dürfen, waren für
mich besonders wertvoll.

Fräulein R. Müller danke ich für die gewissenhafte
Fertigstellung des Manuskripts, Fräulein R. Scheil
und Frau Schwarz für ihre Hilfe im Labor.

Herrn P. Kallert möchte ich für die Unterstützung
bei den Photoarbeiten danken.

Ganz herzlichen Dank sage ich Nikolaus Blume für
die zuverlässige Mitarbeit beim Vermessen der Nervenzellen.

Johann-Heinrich Ernst Christian Bosse

L e b e n s l a u f

15. 1. 1948 geboren in Braunschweig als Sohn des
Landwirts Ernst Bosse und seiner Ehefrau
Ilse, geborene Harke.
- 1954 - 1958 Volksschule in Vordorf
- 1958 - 1966 Gymnasium in Gifhorn
26. 9. 1966 Reifeprüfung
- 1967 - 1969 Naturwissenschaftliche Studien an den Univer-
sitäten in Göttingen, Braunschweig und Berlin
in den Fächern Chemie, Biologie und Zoologie.
- 1969 - 1974 Medizinstudium an der Ludwig-Maximilians-
Universität München und an der Technischen
Universität München.
- 13.12. 1974 Medizinisches Staatsexamen.

